

## **Variable Hubventilsteuerungen**

### **Beschreibung**

Die Erfindung bezieht sich auf mechanische, variable Hubventilsteuerungen durch die bei Einzelventilen oder Ventilgruppen während des Betriebes der Kraftmaschine der Ventilhub stufenlos von einer maximalen Länge bis auf ein ständiges Geschlossenhalten eingestellt und gleichzeitig die Öffnungsdauer der Ventile verändert werden können, wobei die Ventile durch Schwinghebel angetrieben werden, die selbst durch Schwing-, Kipp- oder Winkelhebel beaufschlagt werden, durch deren Positionsveränderung der Hub und die Öffnungszeit der Ventile verändert werden.

Mit Ausnahme einer Hubventilsteuerung wird durch die Hubventilsteuerungen eine Betätigung der Ventile in den unteren Drehzahlbereichen der Kraftmaschine ermöglicht, bei der, wie von den Motorenentwicklern gefordert, bei einem eingestellten, reduzierten Ventilhub ein erheblich verkleinerter Drehwinkel für den Öffnungsbereich der Ventile und ein zu dem Drehwinkel der Ventilöffnung weitergehend verkürzter Drehwinkel für den Vorgang der Öffnung und des Schließens der Ventile erzielt wird.

Mit Ausnahme einer weiteren Hubventilsteuerung erfolgt während einer Verstellung der Hubventilsteuerungen keine oder nur eine geringfügige Phasenverschiebung der Ventilbetätigung.

Die Hubventilsteuerungen sind für eine drosselfreie Laststeuerung und für eine Ventil- und Zylinderabschaltung einsetzbar.

Ein oder mehrere Ventile können durch die Hubventilsteuerungen abwechselnd durch unterschiedliche Nocken angetrieben werden, wobei die Umschaltung durch eine Verstellung von Steuerhebeln, ohne den Einsatz eines schaltbaren Koppelbolzens erfolgt.

Weiterhin wird durch ergänzende Einrichtungen eine Verlängerung der Wartungsintervalle ermöglicht.

Soweit die Hubventilsteuerungen Merkmale der in der Patentanmeldung Aktenzeichen 100 36 373.3- 13 aufgeführten Hubventilsteuerungen aufweisen, wird die Priorität dieser Anmeldung in Anspruch genommen.

**Fig. 1** zeigt eine Hubventilsteuerung mit einem von einem Nocken seitlich angetriebenen Winkelhebel, bei dem während einer Verstellung der Bewegungsablauf eines Planetengetriebes derart stattfindet, dass die Rollen der die Ventile antreibenden Schwinghebel eine Funktion als Sonnenrad, der Winkelhebel eine Funktion als Planetenrad und die Stellhebel eine Funktion als Planetenträger besitzen.

**Fig. 2** zeigt eine Hubventilsteuerung mit einem seitlich von einem Nocken angetriebenen Winkelhebel, der über Rollen, die an einer verstellbaren Gelenkstange befestigt sind, Ventile betätigende Schwinghebel antreibt.

**Fig. 3** zeigt eine Hubventilsteuerung mit einem seitlich von einem Nocken angetriebenen Winkelhebel, der an einem Stellarm derart gelenkig gelagert ist, dass der Winkelhebel die Schwingbewegung eines Kipphebels ausführt und hierdurch einen Schwinghebel antreibt, der ein Ventil betätigt.

**Fig. 4** zeigt eine Hubventilsteuerung mit zwei beiderseitig an einer Stellscheibe angeordneten Schwinghebeln, die jeweils von einem Nocken angetrieben werden und selbst einen Schwinghebel antreiben, der ein Ventil betätigt.

**Fig. 5** zeigt eine Hubventilsteuerung, bei der die Nockenrolle an einer waagerechten Führungsstange befestigt ist, wodurch eine Phasenverschiebung der Ventilbetätigung während der Verstellung der Hubventilsteuerung vermieden wird.

**Fig. 1** zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, die für die Betätigung eines Ventiles **1** vorgesehen ist. Hierbei wird ein etwa vertikal verlaufender Winkelhebel **2** seitlich über seine Nockenrolle **3** angetrieben. Beiderseitig von dem Winkelhebel **2** ist je ein Stellhebel **5** angeordnet, der als Halterung des Drehgelenkes **4** dient, in dem der Winkelhebel **2** gelagert ist. Der Winkelhebel **2** weist die nach unten gerichteten Kontaktflächen **6** und **7** auf, die etwa rechtwinklig zu der Längsachse des Winkelhebels **2** verlaufen, wobei über die Kontaktfläche **6** ein das Ventil **1** betätigender Schwinghebel **8** über seine Rolle **9** angetrieben wird, während durch die Kontaktfläche **7** ein ständiges Geschlossenhalten des Ventiles **1** hergestellt wird.

Durch die Hubventilsteuerung kann die Ventilhublänge während des Betriebes der Kraftmaschine stufenlos von einem maximalen Ventilhub bis auf ein ständiges Geschlossenhalten eingestellt werden, wobei sich die Ventilöffnungszeit mit der Verkleinerung des Ventilhubes gleichzeitig verkürzt. Eine Phasenverschiebung der Ventilbetätigung findet nur geringfügig statt.

Gemäß der Erfindung arbeitet die Hubventilsteuerung nach dem Prinzip eines Planetengetriebes, bei dem die Rolle **9** des Schwinghebels **8** die Funktion eines Sonnenrades ausübt, während der Winkelhebel **2** die Funktion eines Planetenrades besitzt und hierbei die Kontaktfläche **7**, kreisförmig nach außen gewölbt ausgebildet, die Wälzfläche eines Planetenrades bildet. Die beiden Stellhebel **5** dienen als Planetenträger und besitzen ein an dem Zylinderkopf **10** befestigtes Drehgelenk **11**, dessen Drehachse gleich der Drehachse der als Sonnenrad dienenden Rolle **9** des Schwinghebels **8** ist, wenn das Ventil **1** geschlossen ist. Hierdurch wird bei einer Schwenkbewegung der beiden Stellhebel **5** der in dem Drehgelenk **4** gelagerte Winkelhebel **2** kreisförmig um die Drehachse des Gelenkes **11** und somit um die Drehachse der Rolle **9** bewegt, wobei während der Schwingbewegung des Winkelhebels **2** das Ventil **1** nicht betätigt und das Ventilspiel nicht verändert wird, solange die kreisförmige Kontaktfläche **7** in den Außenumfang der Rolle **9** eingreift. Hierbei ergibt sich der Abstand **L** zwischen der gemeinsamen Drehachse des unteren Drehgelenkes **4** des Stellhebels **5** sowie der Rolle **9** und der Drehachse des oberen gemeinsamen Drehgelenkes **4** des Stellhebels **5** und des Winkelhebels **2** aus der Summe der Radiuslänge **R1** der Kontaktfläche **7** und der Radiuslänge **R2** der Rolle **9**. Somit ist  $L = R1 + R2$ .

Greifen nach einer Verstellbewegung der beiden Stellhebel **5** die nach innen gewölbte Kontaktfläche **6** in den Außenumfang der Rolle **9** ein, wird der Schwinghebel **8** zuerst mit einer geringen Schwingbewegung in einem kurzen Drehwinkel angetrieben, wobei sich mit einem weitergehenden Eingriff der Kontaktfläche **6** in den Außenumfang der Rolle **9** die Schwingbewegung des Schwinghebels **8** und ihr Drehwinkel vergrößern.

Für seine Verstellung besitzt ein oder besitzen beide Stellhebel **5** eine kreisförmige, um die Drehachse des Drehgelenkes **11** verlaufende Verzahnung **12**, in die eine

Steuerwelle **13** mit einer Verzahnung eingreift. Beide Stellhebel **5** können auch über eine Gelenkstange angetrieben werden, die von einer Exzenter- oder Kurbelwelle beaufschlagt wird.

In der Winkelstellung **A** ist die Hubventilsteuerung auf den maximalen Ventilhub und in der Winkelstellung **B** auf ein ständiges Geschlossenhalten des Ventiles **1** eingestellt.

Für die gleichzeitige Betätigung von zwei Ventilen **1** können zwei Winkelhebel **2** beiderseitig von einem Stellhebel **5** angeordnet werden, wobei jeder Winkelhebel **2** einen das Ventil **1** betätigenden Schwinghebel **8** antreibt.

Der Schwinghebel **8** weist an seinem das Ventil **1** antreibenden Ende ein Ventilspiel-Ausgleichselement **14** auf, dessen Aufwärtsbewegung durch ein entsprechend positioniertes, einstellbares Widerlager **15** begrenzt ist, wobei das Widerlager **15** mit der Struktur des Zylinderkopfes **10** verbunden ist und einen Stoßdämpfer **16** aufweist. Durch die Anordnung des Widerlagers **15** wird eine ordnungsgemäße Funktion der Hubventilsteuerung auch dann ermöglicht, wenn sich die obere Kontaktfläche des Ventiles **1** etwa durch ein Einschlagen des Ventilsitzes nach oben bewegt. Hierbei bleibt der Eingriff zwischen dem Winkelhebel **4** und der Rolle **9** des Schwinghebels **8** durch das Widerlager **15** unverändert, wobei die Lagenänderung des Ventiles **1** durch das Ventilspiel-Ausgleichselement **14** ausgeglichen wird.

Da der Antrieb der Winkelhebel **2** über die Nocken **17** nur in einer Richtung erfolgt, ist für den Antrieb der Winkelhebel **2** in der Gegenrichtung ein Rückstellelement **18** angeordnet, wodurch die Winkelhebel **2** mit ihrer Nockenrolle **3** gegen die Nocken **17** gedrückt werden.

**Fig. 2** zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, die für die gleichzeitige Betätigung von zwei Ventilen **19** vorgesehen ist. Hierbei werden zwei Schwinghebel **20** von oben über je eine Rolle **21** angetrieben, wobei die Rollen **21** auf einer Achse **22** angeordnet sind, die Achse **22** selbst an den Gabelholmen einer in ihrer Längsrichtung verstellbaren Gelenkstange **23** befestigt ist und zwischen den Gabelholmen der Gelenkstange **23** eine weitere mittlere Rolle **21** angeordnet ist. Über der mittleren Rolle **21** ist ein etwa vertikal verlaufender, seitlich von einem Nocken **28** über eine Nockenrolle **29** angetriebener Winkelhebel **24** angeordnet, der an seinem

oberen Ende in einem mit der Struktur des Zylinderkopfes verbundenem Drehgelenk **25** gelagert ist und an seinem unteren Ende die in die mittlere Rolle **21** eingreifenden, etwa rechtwinklig zu seiner Längsachse verlaufende Kontaktflächen **26** und **27** aufweist. Hierbei ist die Kontaktfläche **26** für die Herstellung eines ständigen Geschlossenhaltens der Ventile **19** in einem Kreisbogen nach außen gewölbt, dessen Radius **R** einen Mittelpunkt aufweist, der in der Drehachse des Drehgelenkes **25** liegt und die sich an die Kontaktfläche **26** anschließende, für die Erzeugung eines Ventilhubes vorgesehene Kontaktfläche **27** ist kurvenförmig nach innen gewölbt ausgeführt. Für ein Verstellen der Hubventilsteuerung wird die Gelenkstange **23** entlang den Kontaktflächen **26** und **27** bewegt, wobei die Gelenkstange **23** in einem Drehgelenk **30** eines Stellhebels **31** gelagert ist, der durch eine Steuerwelle **32** angetrieben wird.

Durch die Hubventilsteuerung kann die Ventilhublänge während des Betriebes der Kraftmaschine stufenlos von einem maximalen Ventilhub bis auf ein ständiges Geschlossenhalten, eingestellt werden, wobei sich die Ventilöffnungszeit mit der Verkleinerung des Ventilhubes gleichzeitig verkürzt. Eine Phasenverschiebung der Ventilbetätigung findet nicht statt.

In der Winkelstellung **A** ist die Hubventilsteuerung auf den maximalen Ventilhub und in der Winkelstellung **B** auf ein ständiges Geschlossenhalten der Ventile **19** eingestellt.

Für die Betätigung nur eines Ventiles **19** treibt der Winkelhebel **24** die mittige Rolle **21** an, während der Schwinghebel **20** von zwei äußeren Rollen **21** symmetrisch angetrieben wird, wobei die mittlere Rolle **21** einen kleineren Durchmesser aufweist, als die äußeren Rollen **21**, um die Einwirkung von Torsionskräften auf den Gelenkstab **23** zu vermeiden. Hierbei können auch die beiden äußeren Rollen **21** von dem Winkelhebel **24** angetrieben werden, während die mittlere Rolle **21** von dem Winkelhebel **24** angetrieben wird.

Da der Antrieb des Winkelhebels **24** über den Nocken **28** nur in einer Richtung erfolgt, ist für den Antrieb des Winkelhebels **24** in der Gegenrichtung ein Rückstellelement **33** angeordnet, wodurch der Winkelhebel **24** mit seiner Nockenrolle **29** gegen den Nocken **28** gedrückt wird. Das über ein Drehgelenk **34** mit dem Winkelhebel **24** verbundene Rückstellelement **33** ist selbst an dem Drehgelenk **35** eines mit dem Stellhebel **31** verbundenen Hebels **36** derart verbunden, dass sich

während der Verstellung der Hubventilsteuerung auf einen geringeren Ventilhub die Rückstellkraft des Rückstellelementes **33** gleichzeitig erhöht.

**Fig. 3** zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, die für die Betätigung eines Ventiles **37** vorgesehen ist. Hierbei wird ein etwa vertikal verlaufender Winkelhebel **38** an seinem oberen Ende seitlich über seine Nockenrolle **39** von einem Nocken **40** angetrieben. Beiderseitig von dem Winkelhebel **38** ist je ein Stellhebel **41** angeordnet, der als Halterung des Drehgelenkes **42** für den Winkelhebel **38** dient, wobei das Drehgelenk **42** auf dem Winkelhebel **38** in seinem unteren Bereich angeordnet ist und die Stellhebel **41** selbst an ihrem oberen Ende mit einer in der Struktur des Zylinderkopfes drehbar gelagerten Steuerwelle **43** drehfest verbunden sind.

Gemäß der Erfindung arbeitet der Winkelhebel **38** nach dem Prinzip eines Kipphebels, wobei jedoch der Winkelhebel **38** für den Antrieb des Ventiles **37** etwa rechtwinklig zu seiner Längsachse nach unten gerichtete Kontaktflächen **44** und **45** aufweist und über die Kontaktfläche **44** einen Schwinghebel **46** über seine Rolle **47** antreibt, während durch den Eingriff der Kontaktfläche **45** in die Rolle **47** ein ständiges Geschlossenhalten der Ventile **37** hergestellt wird, wobei die Kontaktfläche **45** in einem Kreisbogen nach außen gewölbt ist, dessen Radius **R** einen Mittelpunkt in der Drehachse **42** des Winkelhebels **38** aufweist.

Durch die Hubventilsteuerung kann die Ventilhublänge während des Betriebes der Kraftmaschine stufenlos von einem maximalen Ventilhub bis auf ein ständiges Geschlossenhalten eingestellt werden, wobei sich die Ventilöffnungszeit mit der Verkleinerung des Ventilhubes gleichzeitig verkürzt. Eine Phasenverschiebung der Ventilbetätigung findet nur geringfügig statt.

In der Winkelstellung **A** ist die Hubventilsteuerung auf den maximalen Ventilhub und in der Winkelstellung **B** auf ein ständiges Geschlossenhalten des Ventiles **37** eingestellt.

Da der Antrieb des Winkelhebels **38** über den Nocken **40** nur in einer Richtung erfolgt, ist für den Antrieb des Winkelhebels **38** in der Gegenrichtung ein Rückstellelement **48** angeordnet, wodurch der Winkelhebel **38** mit seiner Nockenrolle **39** gegen den Nocken **40** gedrückt wird. Hierbei ist das Rückstellelement **48** zum einen

über ein Drehgelenk **49** mit dem Winkelhebel **38** und zum anderen in dem Drehgelenk **50** der beiden Stellhebel **41** gelagert.

**Fig. 4** zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, die für die gleichzeitige Betätigung von zwei Ventilen **51** vorgesehen ist. Gemäß der Erfindung weist die Hubventilsteuerung eine Stellscheibe **52** auf, die in einem mit dem Zylinderkopf **53** verbundenem Lagerbock **54** drehbar gelagert ist, der gleichzeitig als Lagerung der Nockenwelle **55**, Lagerung einer Steuerwelle **56** und Halterung der Rückstellfedern **57** dient. Die Stellscheibe **52** weist in ihrem seitlichen Bereich eine Achse **58** auf, auf der beiderseitig von der Stellscheibe **52** je ein Schwinghebel **59** angeordnet ist, wobei beide Schwinghebel **59** mit ihrer Nockenrolle **60** von oben durch je einem Nocken **61** angetrieben werden. Die Schwinghebel **59** weisen nach unten gerichtete Kontaktflächen **62** und **63** auf, die etwa parallel zu der Längsachse des Schwinghebels **59** verlaufen, wobei über die Kontaktflächen **62** je ein Schwinghebel **64** über seine Rolle **65** antrieben wird, während durch die Kontaktflächen **63** ein ständiges Geschlossenhalten der Ventile **51** hergestellt wird.

Durch die Hubventilsteuerung kann die Ventilhublänge während des Betriebes der Kraftmaschine stufenlos von einem maximalen Ventilhub bis auf ein ständiges Geschlossenhalten eingestellt werden, wobei sich die Ventilöffnungszeit mit der Verkleinerung des Ventilhubes gleichzeitig verkürzt. Eine Phasenverschiebung der Ventilbetätigung findet statt, wobei hierdurch bei einer geeigneten Nockenwellendrehrichtung ein Nockenwellenversteller ersetzt werden kann.

Die Hubventilsteuerung arbeitet nach dem Prinzip eines Planetengetriebes, bei dem die Rollen **65** der beiden die Ventile **51** betätigenden Schwinghebel **64** die Funktion eines Sonnenrades ausüben, während die Schwinghebel **59** die Funktion von Planetenrädern besitzen und hierbei deren Kontaktflächen **63**, kreisförmig nach außen gewölbt ausgebildet, die Wälzfläche eines Planetenrades bilden. Die Stellscheibe **52** dient als Planetenträger, wobei deren Drehachse gleich der Drehachse der als Sonnenrad dienenden Rollen **65** der Schwinghebels **64** ist, wenn die Ventile **51** geschlossen sind. Hierdurch wird bei einer Drehbewegung der Stellscheibe **52** die auf der Achse **58** gelagerten Schwinghebel **59** kreisförmig um die Drehachse der beiden Rollen **65** und der Stellscheibe **52** bewegt, wobei während der Schwingbewegung des

Schwinghebels **59** die Ventile **51** nicht betätigt werden und das Ventilspiel nicht verändert wird, solange die kreisförmige Kontaktfläche **63** in den Außenumfang der Rolle **65** eingreift. Die ein ständiges Geschlossenhalten der Ventile (**51**) herstellenden Kontaktflächen (**63**) sind in einem Kreisbogen nach außen gewölbt, deren Radius (**R1**) einen Mittelpunkt aufweist, der in der Drehachse ihres Schwinghebels (**59**) liegt und die Summe der Radiustängen (**R1**) und der Radiustlänge (**R2**) der Rollen (**65**) den Abstand (**L**) zwischen der gemeinsamen Drehachse der Stellscheibe (**52**) sowie der Rollen (**65**) und der Achse (**58**) der Stellscheibe (**52**) ergibt. Greifen nach einer Verstell Drehung der Stellscheibe **52** die nach innen gewölbten Kontaktflächen **62** in den Außenumfang der Rollen **65** ein, wird der Schwinghebel **64** zuerst mit einer geringen Schwingbewegung in einem kurzen Drehwinkel angetrieben, wobei sich mit einem weitergehenden Eingriff der Kontaktfläche **62** in den Außenumfang der beiden Rollen **65** die Schwingbewegung des Schwinghebels **64** und ihr Drehwinkel gleichzeitig vergrößern.

Für seine Verstellung besitzt die Stellscheibe **52** an ihrem Außenumfang eine kreisförmige, um die Drehachse der Stellscheibe **52** verlaufende Verzahnung **66**, in welche die in dem Lagerbock **54** drehbar gelagerte Steuerwelle **56** mit ihrer Verzahnung eingreift.

In der Winkelstellung **A** ist die Hubventilsteuerung auf den maximalen Ventilhub und in der Winkelstellung **B** auf ein ständiges Geschlossenhalten des Ventiles **52** eingestellt.

Für die Betätigung eines Ventiles **51** oder die gleichzeitige Betätigung von drei Ventilen **51** sind zwei Stellscheiben **52** angeordnet, zwischen denen ein von einem Nocken **61** angetriebener Schwinghebel **59** auf einer Achse **58** angeordnet ist, welche die beiden Stellscheiben **52** verbindet. Für die gleichzeitige Betätigung von drei Ventilen **51** sind an den beiden Außenseiten der Stellscheiben **52** auf der aus den Stellscheiben **52** herausragenden Achse **58** je ein weiterer von einem Nocken **61** angetriebener Schwinghebel **59** angeordnet, wobei alle Schwinghebel **59** ihre Ventile **51** über die unter ihnen angeordneten Schwinghebel **64** antreiben.

Da der Antrieb der Schwinghebel **59** über die Nocken **61** nur in einer Richtung erfolgt, sind für den Antrieb der Schwinghebel **59** in der Gegenrichtung als Drehfeder ausgebildete Rückstellfedern **57** angeordnet, wodurch die Schwinghebel **59** mit ihrer Nockenrolle **60** gegen die Nocken **61** gedrückt werden. Hierbei sind die Schenkel der



Rückstellfedern **57** für ihre einfache Montage und Befestigung in der Stoßfuge der für die Nockenwelle **55** vorgesehenen geteilten Lagerung des Lagerbockes **54** eingelegt und festgeklemt.

Durch nebeneinander angeordnete und gegeneinander um 180° verschwenkte, auf unterschiedliche Achsen **58** der Stellscheiben **58** angeordnete Schwinghebel **59** können die Ventile **51** durch unterschiedliche Nocken **61** betätigt werden. Die Schwinghebel **59** sind auf der Stellscheibe **52** derart auf mindestens zwei Achsen **58** angeordnet, dass durch ein Verdrehen der Stellscheibe **52** eine Gruppe der in eine Drehrichtung weisenden Schwinghebel **59** sich dem Nockeneingriff zuwendet, während gleichzeitig eine andere Gruppe der in die entgegengesetzte Drehrichtung weisenden Schwinghebel **59** sich dem Nockeneingriff entzieht.

**Fig. 5** zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, die für die Betätigung von einem Ventil **67** vorgesehen ist, wobei hier durch die Verstellung der Hubventilsteuerung keine Phasenverschiebung der Ventilbetätigung erfolgt. Gemäß der Erfindung weist die Hubventilsteuerung eine an einer etwa waagerechten Führungsstange **68** befestigte Nockenrolle **69** auf, wobei die Führungsstange **68** auf einer Steuerwelle **70** drehbar gelagert ist. Unter der Führungsstange **68** und parallel zu ihr ist ein Schwinghebel **71** angeordnet, der an seinem einen Ende in einem Drehgelenk **72** eines mit der Steuerwelle **70** drehfest verbundenen Stellhebels **73** gelagert ist, während der Schwinghebel **71** an seinem anderen Ende in dem Drehgelenk **74** eines überwiegend senkrecht verlaufenden, mit der Achse der Nockenrolle **69** verbundenen Gelenkstabes **75** gelagert ist. Unter dem Schwinghebel **71** ist ein weiterer, das Ventil **67** betätigender Schwinghebel **76** angeordnet, der eine Rolle **77** aufweist, die nach oben in eine kreisförmig nach innen gewölbte Kontaktfläche **78** des Schwinghebels **71** eingreift. Hierbei sind die Abstände **L** zwischen der Drehachse der Nockenrolle **69** und der Drehachse des Drehgelenkes **74** sowie zwischen der Drehachse der Steuerwelle **70** und der Drehachse des Drehgelenkes **72** einander gleich. Die Radiuslänge **R1** der nach unten weisenden Kontaktfläche **78** des Schwinghebels **71** ergibt sich aus der Summe des Abstandes **L** und der Radiuslänge **R2** der Rolle **77** des Schwinghebels **76**. Somit ist  $R1 = L + R2$

Da der Antrieb des Nockens **79** nur in einer Richtung erfolgt, ist für den Antrieb der Führungsstange **68** und des Schwinghebels **71** mit dem Gelenkstab **75** in der

Gegenrichtung ein Rückstellelement **80** angeordnet, wobei das Rückstellelement **80** an seinem einen Ende mit der Struktur des Zylinderkopfes verbunden ist und mit seinem anderen Ende über ein Drehgelenk **81** eines mit der Führungstange **68** verbundenen Hebels **82** die Nockenrolle **69** gegen den Nocken **79** drückt.

Bei der in Fig. 4 gezeigten Hubventilsteuerung ist es auch möglich, als Stellelement anstatt der beschriebenen Stellscheibe **52** einen Stellhebel **83** zu verwenden, wie dieses in Fig. 6 gezeigt wird. Die Schwenkachse dieses Stellhebels **83** muss dabei, ebenso wie bei der Stellscheibe **52** mit der Schwenkachse der Rolle **65** des Schwinghebels **64** fluchten, wenn das zugehörige Ventil **51** geschlossen ist. Der Stellhebel **83** kann als Winkelhebel ausgebildet sein und weist dann entfernt zu seiner Schwenkachse eine achsparallele Schwenkaufnahme mit der Achse **58** zur schwenkbaren Lagerung des Schwinghebels **59** auf. Der Stellhebel **83** hat somit die gleiche Funktion wie die Stellscheibe **52**.

Sowohl die Stellscheibe **52** als auch alternativ der Stellhebel **83** können einseitig oder die Hubventilsteuerung übergreifend beidseitig angeordnet sein. Die Verdrehung des Stellhebels **83** kann, wie in Fig. 6 gezeigt, indirekt über eine Steuerwelle **56** oder auch direkt erfolgen.

## Patentansprüche

1. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung des Ventilhubes und für ein ständiges Geschlossenhalten der Ventile während des Betriebes der Kraftmaschine, mit einem etwa senkrecht angeordneten, seitlich von einem Nocken (17) angetriebenen Winkelhebel (2), der unten etwa senkrecht zu seiner Längsachse Kontaktflächen ((6 und 7) aufweist, die in den Außenumfang einer Rolle (9) eines ein Ventil (1) antreibenden Schwinghebels (8) eingreifen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hubventilsteuerung nach dem Prinzip eines Planetengetriebes arbeitet, wobei der eine Funktion als Planetenrad aufweisende Winkelhebel (2) an seinem oberen Ende in einem Drehgelenk (4) zwischen zwei die Funktion eines Planetenträgers aufweisenden Stellhebel (5) gelagert ist, die Stellhebel 5 selbst an ihrem unteren Ende in einem mit der Struktur des Zylinderkopfes (10) verbundenen Drehgelenk (11) derart gelagert sind, dass die Drehachse des Drehgelenkes (11) gleich der Drehachse der die Funktion eines Sonnenrades aufweisenden Rolle (9) des das Ventil (1) antreibenden Schwinghebels (8) ist, wenn das Ventil (1) geschlossen ist und wobei die ein ständiges Geschlossenhalten des Ventiles (1) bewirkende, als Wälzfläche eines Planetenrades dienende Kontaktfläche (7) in einem Kreisbogen nach außen gewölbt ist, dessen Radius ( $R_1$ ) einen Mittelpunkt aufweist, der in der Drehachse des Drehgelenkes (4) des Winkelhebels (2) liegt und die Summe aus der Radiuslänge ( $R_1$ ) und der Radiuslänge ( $R_2$ ) der Rolle (9) gleich dem Abstand ( $L$ ) zwischen der Drehachse des Drehgelenkes (4) des Winkelhebels (2) und der gemeinsamen Drehachse des unteren Drehgelenkes (11) der Stellhebel (5) sowie der Rolle 9 ist.
2. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Stellhebel (5) für seine Verstellung eine kreisförmige Verzahnung (12) aufweist, in die eine Steuerwelle (13) mit einer Verzahnung eingreift, wobei die Radien der Verzahnung (12) als Mittelpunkt die Drehachse des Drehgelenkes (11) aufweist.
3. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für die Betätigung von zwei Ventilen (1) beiderseitig an einem Stellhebel (5) je ein Winkelhebel (2) in dem Drehgelenk (4) gelagert ist, wobei jeder Winkelhebel (2) einen das Ventil (1) betätigenden Schwinghebel (8) antreibt.

4. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der das Ventil (1) betätigende Schwinghebel (8) an seinem das Ventil (1) betätigenden Ende ein Ventilspiel-Ausgleichselement (14) aufweist, dessen Aufwärtsbewegung durch ein verstellbares, mit der Struktur des Zylinderkopfes (10) verbundenes einen Stoßdämpfer (16) aufweisendes Widerlager (15) begrenzt ist, um eine ordnungsgemäße Funktion der Hubventilsteuerung auch dann zu ermöglichen, wenn etwa ein Ventil (1) sich durch ein Einschlagen des Ventilsitzes nach oben bewegt.
5. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung des Ventilhubes und für ein ständiges Geschlossenhalten der Ventile während des Betriebes der Kraftmaschine, mit einem etwa senkrecht angeordneten Winkelhebel (24), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Winkelhebel (24) an seinem oberen Ende in einem mit der Struktur des Zylinderkopfes verbundenen Drehgelenk (25) gelagert ist, unter dem Drehgelenk (25) seitlich über eine Nockenrolle (29) von einem Nocken (28) angetrieben wird und mit seinen unteren, etwa Senkrecht zu seiner Längsachse verlaufenden Kontaktflächen (27 und 28) eine auf einer Achse (22) angeordnete Rolle (21) von oben antreibt, wobei die Achse (22) an einer in ihrer Längsrichtung verstellbaren Gelenkstange (23) befestigt ist, auf der Achse (22) beiderseitig von der Rolle (21) je eine weitere Rolle (21) angeordnet ist, über die jeweils ein Ventile (19) betätigender Schwinghebel (20) nach unten angetrieben wird.
6. Hubventilsteuerung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die ein ständiges Geschlossenhalten der Ventile (19) herstellende Kontaktfläche (26) kreisförmig nach außen gewölbt ist, wobei deren Radius (R) einen Mittelpunkt aufweist, der in der Drehachse des für den Winkelhebel (24) vorgesehenen, mit der Struktur des Zylinderkopf verbundenen Drehgelenkes (25) liegt.
7. Hubventilsteuerung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass für die Betätigung nur eines Ventiles (19) die beiden äußeren Rollen (21) symmetrisch einen die Ventile (19) betätigenden Schwinghebel (20) antreiben, wobei die mittlere, von dem Winkelhebel (24) angetriebene Rolle einen kleineren Durchmesser aufweist, als die beiden äußeren Rollen (21).

8. Hubventilsteuerung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass für die Betätigung nur eines Ventiles (19) die beiden äußeren Rollen (21) von dem Winkelhebel (24) angetrieben werden, wobei die mittlere Rolle (21) einen die Ventile (19) betätigenden Schwinghebel (20) antreibt und die mittlere Rolle (21) einen größeren Durchmesser aufweist als die beiden äußeren Rollen (21).

9. Hubventilsteuerung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der die Gelenkstange (23) antreibende, von einer Steuerwelle (32) beaufschlagte Stellhebel (31) für die Befestigung eines Rückstellelementes (33) einen Hebel (36) aufweist, der derartig angeordnet ist, dass mit der Einstellung eines geringeren Ventilhubes sich die Kraft des Rückstellelementes (33) durch die hierbei gleichzeitig erfolgende Vorspannung des Rückstellelementes (33) erhöht.

10. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung des Ventilhubes und für ein ständiges Geschlossenhalten der Ventile während des Betriebes der Kraftmaschine, mit einem etwa senkrecht angeordneten Winkelhebel (38), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Winkelhebel (38) an seinem oberen Ende seitlich über eine Nockenrolle (39) von einem Nocken (40) angetrieben wird und mit seinen unteren, etwa senkrecht zu seiner Längsachse verlaufenden Kontaktflächen (44 und 45) die Rolle (47) eines das Ventil (37) betätigenden Schwinghebels (46) antreibt, wobei der Winkelhebel (38) zwischen seiner Nockenrolle (39) und seinen Kontaktflächen (44 und 45) in dem Drehgelenk (42) von zwei, beiderseitig von dem Winkelhebel (38) angeordneten Stellhebeln (41) gelagert ist und die Stellhebel (41) über der Nockenrolle (39) mit einer in der Struktur des Zylinderkopfes gelagerten Steuerwelle (43) drehfest verbunden sind.

11. Hubventilsteuerung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die ein ständiges Geschlossenhalten des Ventiles (37) herstellende Kontaktfläche (45) des Winkelhebels (38) in einem Kreisbogen nach außen gewölbt ist, wobei der Kreisbogen einen Radius ( $R$ ) aufweist, dessen Mittelpunkt in der Drehachse des für den Winkelhebel (38) vorgesehenen Drehgelenkes (42) liegt.

12. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung des Ventilhubes und für ein ständiges Geschlossenhalten der Ventile während des Betriebes der Kraftmaschine, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem mit dem Zylinderkopf (53) verbundenen Lagerbock (54) eine Stellscheibe (52) drehbar gelagert ist, die eine auf ihr exzentrisch angeordnete Achse (58) aufweist, auf der beiderseitig von der Stellscheibe (52) drehbar Schwinghebel (59) angeordnet sind, die über eine Nockenrolle (60) von einem Nocken (61) angetrieben werden, wobei die Schwinghebel (59) mit ihren Kontaktflächen (62 und 63) Ventile (51) betätigende Schwinghebel (64) über ihre Rolle (65) antreiben, hierbei die Drehachse der Stellscheibe (52) gleich der Drehachse der Rollen (65) ist, die ein ständiges Geschlossenhalten der Ventile (51) herstellenden Kontaktflächen (63) in einem Kreisbogen nach außen gewölbt sind, deren Radius (R1) einen Mittelpunkt aufweist, der in der Drehachse ihres Schwinghebels (59) liegt und die Summe der Radiuslängen (R1) und der Radiuslänge (R2) der Rollen (65) den Abstand (L) zwischen der gemeinsamen Drehachse der Stellscheibe (52) sowie der Rollen (65) und der Achse (58) der Stellscheibe (52) ergibt.

13. Hubventilsteuerung nach Anspruch 12 oder Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass für die Betätigung von einem Ventil (51) als Stellelement zwei Stellscheiben (52) oder Stellhebel (83) angeordnet sind, zwischen denen ein von einem Nocken (61) angetriebener Schwinghebel (59) auf einer beide Stellscheiben (52) verbindenden Achse (58) drehbar gelagert sind und bei einer Betätigung von drei Ventilen (51) von einem Nocken (61) angetriebene Schwinghebel (59) auf der aus den Außenseiten der Stellscheibe (52) herausragenden Achse (58) drehbar gelagert sind.

14. Hubventilsteuerung nach einem oder mehreren der Ansprüche 12, 13 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass, durch nebeneinander angeordnete und gegeneinander um 180° verschwenkte, auf mindestens zwei Achsen (58) der Stellscheiben (52) oder Stellhebel (83) gelagerte Schwinghebel (59), die auf der Stellscheibe (52) entsprechend positioniert sind, die Ventile (51) nacheinander durch unterschiedliche Nocken (61) dadurch betätigt werden, indem durch ein Verdrehen der Stellscheibe (52) eine Gruppe der in eine Drehrichtung weisenden Schwinghebel (59) sich dem Nockeneingriff zuwenden, während gleichzeitig eine andere Gruppe der in die entgegengesetzte Drehrichtung weisenden Schwinghebel (59) sich dem Nockeneingriff entziehen.

15. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung des Ventilhubes und für ein ständiges Geschlossenhalten der Ventile während des Betriebes der Kraftmaschine, **dadurch gekennzeichnet**, dass, um eine Phasenverschiebung der Ventilbetätigung durch eine Verstellung der Hubventilsteuerung zu vermeiden, die Hubventilsteuerung eine an einer etwa waagerechten Führungsstange (68) befestigte Nockenrolle (69) aufweist, wobei die Führungsstange (68) auf einer Steuerwelle (70) drehbar gelagert ist, unter der Gelenkstange (68), parallel zu ihr ein Schwinghebel (71) angeordnet ist, der an seinem einen Ende in einem Drehgelenk (72) eines mit der Steuerwelle (70) drehfest verbundenen Stellhebels (73) gelagert ist, während der Schwinghebel (71) an seinem anderen Ende in dem Drehgelenk (74) eines überwiegend senkrecht verlaufenden, mit der Achse der Nockenrolle (69) verbundenen Gelenkstabes (75) gelagert ist, wobei die Abstände (L) zwischen der Drehachse der Nockenrolle (69) und der Drehachse des Drehgelenkes (74) sowie zwischen der Drehachse der Steuerwelle (70) und der Drehachse des Drehgelenkes (72) einander gleich sind.

16. Hubventilsteuerung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass unter dem Schwinghebel (71) ist ein weiterer, das Ventil (67) betätigender Schwinghebel (76) angeordnet ist, der eine Rolle (77) aufweist, die nach oben in eine kreisförmig nach innen gewölbte Kontaktfläche (78) des Schwinghebels (71) eingreift, wobei die Radiuslänge (R1) der nach unten weisenden Kontaktfläche (78) des Schwinghebels (71) sich aus der Summe des Abstandes (L) und der Radiuslänge (R2) der Rolle (77) des Schwinghebels (76) ergibt.

17. Hubventilsteuerung nach den Ansprüchen 12, 13 und 14, dadurch gekennzeichnet, dass, um eine Phasenverschiebung der Ventilbetätigung durch eine Verstellung der Hubventilsteuerung zu vermeiden, gemäß dem Anspruch 15 die Schwinghebel (59) über einen eine Nockenrolle aufweisenden, überwiegend senkrecht verlaufenden Gelenkstab angetrieben wird, wobei die Nockenrolle an einer waagerechten, mit der Struktur des Zylinderkopfes verbundenen Führungsstange befestigt ist.

18. Hubventilsteuerung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Drehgelenk (81) eines mit der Führungsstange (68) verbundenem Hebels (82) an ein Rückstellelement (80) an seinem einen Ende befestigt ist und das Rückstellelement (80) an seinem anderen Ende an der Struktur des Zylinderkopfes befestigt ist, wodurch die Nockenrolle (69) gegen den Nocken (79) gedrückt wird.

19. Hubventilsteuerungen gemäß den Ansprüchen 1, 5, 10, 12 und 15, sowie gemäß den in der Patentanmeldung Aktenzeichen 100 36 373.3-13 aufgeführten Patentansprüchen 52, 62, 73, 79, 84, 94, 103, 112, 124 und 134, dadurch gekennzeichnet, dass die in den Hubventilsteuerungen angeordneten Nockenrollen und andere für die Betätigung der Ventile angeordnete Rollen vollständig oder teilweise durch angeformte Gleitkörper ersetzt sind.

20. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung des Ventilhubes und für ein ständiges Geschlossenhalten der Ventile während des Betriebes der Kraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass in einem mit dem Zylinderkopf (53) verbundenen Lagerbock (54) ein Stellelement drehbar gelagert ist, das eine auf ihr exzentrisch angeordnete Achse (58) aufweist, auf der schwenkbar wenigstens ein Schwinghebel (59) angeordnet ist, der über eine Nockenrolle (60) von einem Nocken (61) angetrieben wird, wobei der Schwinghebel (59) mit seinen Kontaktflächen (62 und 63) Ventile (51) betätigende Schwinghebel (64) über ihre Rolle (65) antreiben, hierbei die Drehachse des Stellelements gleich der Drehachse der Rollen (65) ist, die ein ständiges Geschlossenhalten der Ventile (51) herstellenden Kontaktflächen (63) in einem Kreisbogen nach außen gewölbt sind, deren Radius (R1) einen Mittelpunkt aufweist, der in der Drehachse ihres Schwinghebels (59) liegt und die Summe der Radiuslängen (R1) und der Radiuslänge (R2) der Rollen (65) den Abstand (L) zwischen der gemeinsamen Drehachse des Stellelements (52) sowie der Rollen (65) und der Achse (58) des Stellelements (52) ergibt.



## **Zusammenfassung**

Die Erfindung bezieht sich auf mechanische, variable Hubventilsteuerungen durch die bei Einzelventilen oder Ventilgruppen während des Betriebes der Kraftmaschine der Ventilhub stufenlos von einer maximalen Länge bis auf ein ständiges Geschlossenhalten eingestellt und gleichzeitig die Öffnungsdauer der Ventile verändert werden können, wobei die Ventile durch Schwinghebel betätigt werden, die selbst durch einen Winkelhebel angetrieben werden, durch deren Positionsveränderung der Hub und die Öffnungszeit der Ventile verändert wird.

Bei der Hubventilsteuerung wird in den unteren Drehzahlbereichen eine Betätigung der Ventile ermöglicht, bei der zu jedem eingestellten, reduzierten Ventilhub ein angepasst verkleinerter Drehwinkel für den Öffnungsbereich der Ventile erzielt wird.

**Fig. 1** zeigt eine Hubventilsteuerung mit einem von einem Nocken **17** seitlich über eine Nockenrolle **3** angetriebenen Winkelhebel **2**, bei dem während einer Verstellung der Bewegungsablauf eines Planetengetriebes derart stattfindet, dass die Rolle **9** des das Ventil **1** betätigenden Schwinghebels **8** eine Funktion als Sonnenrad, der Winkelhebel **2** eine Funktion als Planetenrad und der Stellhebel **5** eine Funktion als Planetenträger besitzen.